كفاءة الكمبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم في الزراعة المحمية

محمد أبو شعر[1*]، قصي الرحية[2] ونغم محمود[1]

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية؛ (2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية.

[*]البريد الإلكتروني للباحث المراسل: drmaboushaar@gmail.com

الملخص

أبو شعر، محمد، قصي الرحية ونغم محمود. 2025. كفاءة الكمبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم في الزراعة المحمية. مجلة وقاية النبات العربية، 43(2): 226–234. https://doi.org/10.22268/AJPP-001318

أجريت الدراسة بهدف تقييم دور الكمبوست المدعم بالأحياء الدقيقة وعوامل التضاد الأحيائية في الحدّ من الإصابة بالفطر الممرض *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) المسبب لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي، من خلال تقدير شدة الإصابة بالممرض، وبعض معايير النمو، وتقدير نشاط أنزيمي البيروكسيداز والبولي فينول أوكسيداز. أضيفت إلى الكومبوست عوامل التضاد الأحيائية بصورة مفردة أو خليطٍ منها. أظهرت النتائج أن إضافة العزلة T-zh-9 (*Trichoderma viride*) بمفردها إلى الكمبوست أدى لتفوق النباتات المعاملة بكمبوست الزيتون معنوياً على باقي معاملات التجربة من حيث الوزن الرطب للمجموع الخضري (33.2 غ/نبات) وارتفاع النبات (75.8 سم)، ترافق ذلك مع أعلى مستوى لنشاط أنزيم البيروكسيداز الذي بلغ 1.57 و 1.04 ميكرومول/مغ، بعد 15 و 30 يوماً من العدوى بالفطر الممرض، على التوالي. أدّت إضافة العزلة FZB27 (*Bacillus subtilis*) بمفردها إلى الكمبوست إلى خفض شدة الإصابة بالفطر الممرض FORL في النباتات المعاملة بكمبوست الزيتون حيث بلغت 13.9% مقارنة بمعاملة الشاهد (تربة ملوثة بالفطر الممرض) التي بلغت 58.3%. حققت إضافة عزلتي التضاد الأحيائي معاً إلى كمبوست الزيتون أفضل النتائج بالنسبة إلى خفض شدة الإصابة بالفطر الممرض FORL مع ارتفاع مستوى نشاط أنزيمي البيروكسيداز والبولي فينول أوكسيداز.

كلمات مفتاحية: كمبوست، عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم، عوامل التضاد الحيوية، أنزيمات الدفاع.

المقدمة

تسبب الممرضات النباتية المنقولة بالتربة خسائر اقتصادية كبيرة في جميع أنحاء العالم، وتعدّ الفطور الممرضة للنبات مسؤولة عن غالبية الأمراض النباتية في الحقول الزراعية (Kumar *et al.*, 2018؛ Pernezny *et al.*, 2008). يعدّ النوع *Fusarium oxysporum* أحد الفطور الساكنة في التربة والمسببّ لأعفان الجذور والذبول الوعائي، ويضمّ أشكالاً خاصة (forma specialis) متخصصة على عوائلها النباتية وقد يصل عددها لأكثر من 150 شكلاً متخصصاً (Michielse & Rep, 2009)، ومنها الفطر المسبب لعفن تاج وجذور البندورة/الطماطم *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) وهو أحد الأمراض المهمة على نباتات البندورة/الطماطم في الزراعات الحقلية والمحمية، ويعدّ مشكلة خطيرة في الدفيئات الزراعية(Zhang *et al.*, 2021). يصيب هذا الفطر المجموع الجذري لنبات البندورة/الطماطم مسبباً اصفرار وتقزم الشتول المصابة كعرضٍ أولي للإصابة، مع تساقط الأوراق الفلقية والسفلية. تتطور الأعراض ببطء إلى الأوراق الحديثة بالتتالي، وعند تقدم الإصابة تتعفن قمم الجذور مع ظهور قروح بنية اللون في منطقة السويقة الجنينية عند سطح التربة، وكذلك تعفن طري بني اللون في المنطقة اللحائية من التاج والجذور ويمكن أن يمتد لحوالي 25–30 سم فوق سطح التربة، مع ظهورٍ غزير للغزل الفطري وأبواغ الفطر وردية اللون في المناطق المصابة المكشوفة بعد هطول الأمطار وأثناء الفترات التي يسودها الضباب (Ozbay & Newman, 2004 ؛Davis, 2002).

تعتمد الإجراءات الحالية لإدارة الأمراض النباتية على التطبيقات الكيميائية (مبيدات كيميائية ومدخنات التربة)، وبسبب المخاوف المتزايدة حول خطرها على صحة الإنسان والتربة والبيئة نتيجة الاستخدام المكثف ، وبناءً عليه فقد تمت دراسة طرائق بديلة صديقة للبيئة (Van der Sluijs *et al.*, 2015 ؛Chellemi *et al.*, 2016).

https://doi.org/10.22268/AJPP-001318
© 2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

تعتمد الاستراتيجيات البديلة لمكافحة الممرضات النباتية بشكل مباشر على المكافحة الأحيائية باستخدام فطور وبكتيريا تمتلك آلياتٍ عديدة مضادة للفطور الممرضة للنبات، وبشكل غير مباشر عن طريق تطوير وتحفيز أنظمة الدفاع في النبات بما في ذلك الهندسة الوراثية والمقاومة الجهازية المستحثة (Pieterse *et al*., 2014؛ Rey & Schornack, 2013؛ Rey *et al*., 2017).

يعدّ تحفيز الجهاز المناعي النباتي استراتيجيةً صديقة للبيئة وجزءاً رئيسياً في إدارة أمراض النبات. إنّ بعض هذه الاستراتيجيات ذاتي التحفيز وبعضها الآخر يتحفز استجابةً لمنبهات خارجية (ممرضات نباتية، كائنات حية دقيقة أو مستقلباتها الأيضية) (Abbasi *et al*., 2020). يؤدي تلقيح الكومبوست بعوامل التضاد الأحيائية إلى تحقيق مستويات عالية من المكافحة، إذ تمتلك هذه العوامل القدرة على حثّ آليات المقاومة في النبات وبالتالي توسيع الخيارات الممكنة لإدارة الأمراض النباتية (Neher *et al.,*2022). إن زيادة عدد الكائنات الحية الدقيقة في الكومبوست لها دور في تحسين صحة النبات، بتشكيلها لارتباطاتٍ تكافلية مع جذور النباتات وزيادة إفرازها للعناصر الغذائية (الأحماض الأمينية والفيتامينات) وهرمونات النمو والمخلبات، وتغييرها للظروف الفيزيائية مما يؤدي لتحسين نمو النبات (Boulter *et al*., 2002).

يهدف هذا البحث إلى تحسين كفاءة الكومبوست في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم بإضافة عوامل تضاد أحيائية، ودراسة تأثيرها في تحفيز نمو نباتات البندورة/الطماطم وتخفيض الإصابة بالمرض، إضافة لدورها في حثّ المقاومة الجهازية في النبات، في تجارب نصف حقلية ضمن الأصص.

مواد البحث وطرائقه

موقع تنفيذ التجارب

نفذت الدراسة خلال الموسم الزراعي 2022/2021، في إحدى الدفيئات البلاستيكية في مركز البحوث الزراعية بمحافظة اللاذقية، تحت ظروف العدوى الاصطناعية بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* المسبب لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي.

الكومبوست المستخدم في الدراسة

استخدم في هذه الدراسة نوعان من الكومبوست، اشتقت موادها الأولية من بقايا تقليم الحمضيات والزيتون صيف 2020 في محطة بحوث سيانو، وسميت كالتالي: C (90% بقايا حمضيات+10% زرق دواجن) وO (90% بقايا زيتون+10% زرق دواجن)، واختبرت كفاءتها في خفض شدة الاصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي تحت ظروف العدوى الاصطناعية في الدفيئة البلاستيكية وحثّ المقاومة الجهازية في النبات، إضافةً لدورها في تعزيز نمو نباتات البندورة/الطماطم (محمود وآخرون، 2024).

الفطر الممرض

استخدمت في هذه الدراسة عزلة محلية ممرضة من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* عزلت من جذور بندورة مصابة بمرض عفن التاج والجذور، تمّ اختبار قدرتها الإمراضية في مختبر الأمراض الفطرية التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية.

نُمّي الفطر في أطباق بتري قطرها 9 سم على مستنبت البطاطا/البطاطس–دكستروز–آجار (PDA) (39غ مستنبت تجاري في 1 ليتر ماء مقطر)، ثم عقم بالمؤصدة عند حرارة 121°س وضغط 1 بار لمدة 20 دقيقة، وبعدها أضيف المضاد الحيوي (Rifampicin تركيز 100 مغ/ليتر)، وحضنت الأطباق عند حرارة 25±2°س في الظلام لمدة 7 أيام، ثم حفظت عند حرارة 4°س لحين الاستخدام. حضر معلق الفطر الممرض ذي التركيز 7×10^6 بوغ/مل بإضافة الماء المعقم إلى المزرعة الفطرية وكشطها وتمرير المعلق عبر طبقة من الشاش المعقم، وضبط التركيز المطلوب باستخدام شريحة مالاسيه.

مصدر عوامل التضاد الحيوية وتجهيز الكومبوست

استخدمت في الدراسة عزلة محلية T-zh-9 من الفطر *Trichoderma viride* تمّ الحصول عليها من مختبر الأمراض الفطرية، مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية، والعزلة FZB27 من البكتيريا *Bacillus subtilis* تمّ الحصول عليها من مركز البحوث الحيوية في برلين، ألمانيا، واللتان تتميزان بخصائص كابحة لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي وتعزيز نمو النبات (محمود، 2023a).

تمّ إكثار العزلة T-zh-9 باستخدام مستنبت البطاطا–دكستروز–آغار (PDA) في أطباق بتري 9 سم وحضنت الأطباق لمدة 7 أيام عند 25±2°س. حضر المعلق البوغي بتركيز $7–9\times10^6$ بوغ/مل بإضافة الماء المعقم إلى المزرعة الفطرية وكشطها، وتمرير المعلق عبر طبقة من الشاش المعقم وضبط التركيز المطلوب باستخدام شريحة ملاسيه.

تمّ إكثار عزلة البكتيريا FZB27 باستخدام مستنبت TSA (تريبتون–صويا–آغار) (15غ تريبتون+ 5غ ببتون الصويا+5غ كلوريد الصوديوم+12غ آغار في 1 ليتر ماء مقطر). عقم المستنبت بالمؤصدة عند حرارة 121°س وضغط 1 بار لمدة 20 دقيقة ووضع في أطباق بتري 9 سم، وحضنت الأطباق لمدة 48 ساعة عند 28°س. تم إكثار البكتيريا في 100 مل من المستنبت السائل TSB مرق تريبتون صويا

(17.5غ كازايين+ 3غ دقيق الصويا+ 5غ كلوريد الصوديوم+ 2.5غ فوسفات البوتاسيوم أحادية الهيدروجين+ 3غ جلوكوز) وعقم بالمؤصدة عند حرارة 121°س وضغط 1 بار لمدة 20 دقيقة). وضع المستنبت في زجاجة معيارية سعة 250 مل على هزاز بسرعة 125 دورة/د وحضنت عند 28°س لمدة 48 ساعة. قدرت كثافة البكتيريا في المزرعة السائلة بعمل سلسلة من التخفيفات من 10^4 إلى 10^8، حيث أخذ 1 مل من كل تخفيف وزرع في وسط صلب بطريقة النقط لحين الحصول على التركيز 7×10^8 وحدة مشكلة لمستعمرة/مل من المزرعة السائلة (الرحية، 2015).

المادة النباتية

نفذت الاختبارات الحيوية باستخدام بادرات بندورة بعمر 4 أوراق حقيقية من هجين البندورة مندلون F1، المعتمد مؤخراً على نطاق واسع في الزراعة المحمية في الساحل السوري لمقاومته للذبول الوعائي الفيوزاريومي، وجودة ثماره.

تجارب الدفيئة البلاستيكية

أجري الاختبار في ظروف الزراعة بالأصص، واستخدمت تربة زراعية معقمة بالفورمالين بتركيز 2% من المحلول التجاري 37 % (حسن وآخرون، 2020). غطيت التربة برقائق من البولي إيثلين الشفاف لمدة أسبوعين، وبعد نزع الرقائق تمّت تهوية التربة لمدة ثلاثة أسابيع مع التقليب المتكرر للتخلص من الآثار السامة للمادة المعقمة لحين تنفيذ التجربة حيث أضيف تورب تجاري (Peat moss) بنسبة 1:3 (حجم: حجم) معقم بالأوتوكلاف/المؤصدة عند حرارة 121°س لمدة ساعة. أضيف الكومبوست بنسبة 20% للوسط الزرعي السابق حسب المعاملات.

شملت التجربة 12 معاملة، بواقع ثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة، و3 نباتات لكل مكرر، وكانت المعاملات كالتالي: O= تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض، C= تربة معاملة بكومبوست الحمضيات وملوثة بالفطر الممرض، S= تربة ملوثة بالفطر الممرض، OT= تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9، CT= تربة معاملة بكومبوست الحمضيات وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9، ST = تربة ملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9، OB= تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة FZB27، CB = تربة معاملة بكومبوست الحمضيات وملوثة بالفطر الممرض والعزلة FZB27، SB = تربة ملوثة بالفطر الممرض والعزلة FZB27، OTB = تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27، CTB= تربة معاملة بكومبوست الحمضيات وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27، STB = تربة ملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27.

غسلت جذور البادرات للتخلص من الأتربة العالقة بها بماء الصنبور، وقصّت أطراف الجذور بهدف إحداث جروح لتشجيع العدوى بالفطر الممرض. لُقّح المجموع الجذري للبادرات بمعلق الفطر الممرض ذي التركيز 7×10^6 بوغ/مل لمدة عشر دقائق ومن ثم زرعت في أصص (قطر 10 سم، وعمق 8.5 سم) وبواقع بادرة لكل أصيص. لقحت معاملات العزلة T.zh-9 *Trichoderma viride* المختبرة بسقاية كل أصيص بمقدار 10 مل من المعلق البوغي ($7-9\times10^6$ بوغ/مل). بالنسبة لمعاملات نوع البكتيريا FZB27 *Bacillus subtilis*، تمت سقاية كلّ أصيص 10 مل من المعلق البكتيري لكل عزلة (تركيز 7×10^8 Cfu وحدة مشكلة لمستعمرة/مل). حضنت النباتات في دفيئة بلاستيكية في مركز بحوث اللاذقية تحت الظروف الطبيعية من الإضاءة والحرارة وروقبت النباتات لمدة 50 يوماً بعد التشتيل والعدوى. قلعت النباتات وغسلت جذورها وقوّمت درجة الإصابة وفقاً لسلم التقييس الخماسي حيث: 0= لا توجد إصابة (جذور سليمة بيضاء اللون)، 1= بقع بنية صغيرة فاتحة اللون على الجذر الرئيسي والجذور الثانوية، غير مترافقة بأعراض واضحة على النبات، 2= تظهر البقع على الجذور الرئيسية ومنطقة التاج بنية غامقة وأكثر امتداداً مع تحلل الجذور الجانبية الليفية، يرافق ذلك ظهور اصفرار وشحوب خفيف على النبات، 3= تعفن بني غامق جزئي للحاء التاجي والخشب الداخلي وظهور جذور تعويضية حديثة غير مصابة فوق منطقة التاج، توقف نمو النبات واصفرار عام، تساقط الأزهار وصغر حجم الثمار، 4= تحلل كامل الجذور وموت النبات. كما أخذت القراءات الخاصة بمؤشرات النمو التالية: الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والجذري مقدرة بالغرام/نبات وارتفاع النبات مقدراً بالـ سم.

تم حساب شدة الإصابة باستخدام المعادلة التالية (McKinney, 1923):

$$\text{شدة الإصابة \%} = \frac{\text{مجموع [(عدد النباتات المصابة عند كل درجة× قيمة الدرجة) × أعلى درجة إصابة في سلم التقييس]}}{\text{عدد النباتات الكلي}} \times 100$$

استخلاص وتقدير نشاط أنزيمي البيروكسيداز وبولي فينول أوكسيداز

قُدّر نشاط أنزيمي البيروكسيداز وبولي فينول أوكسيداز حسب ما نشر سابقاً (Hammerschmidt *et al*., 1982) في موعدين بعد 15 و 30 يوماً من المعاملة بالفطر الممرض، حيث جمعت عينات من أوراق البندورة/الطماطم في أكياس بلاستيكية تحمل رقم المعاملة ورقم المكرر، وأخذ من كل عينة 1غ، سحقت في 3 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم

المبرد (0.1 M, pH=7) ضمن جفنة بورسلان. وضع الناتج في أنابيب أبندورف سعة 2 مل، وأخضعت للطرد المركزي لمدة 10 دقائق عند سرعة 10,000 دورة/دقيقة عند حرارة 4°س. حُفظ الرائق الناتج بالتجميد لحين تقدير النشاط الأنزيمي. لأخذ قراءة الامتصاص الضوئي، تمّ تحضير المحلول التالي لكل عينة: 3.5 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم السابق و 200 ميكروليتر من مستخلص العينة و 200 ميكروليتر من الجوايكول (0.25%) و 200 ميكروليتر من بيروكسيد الهيدروجين (0.1 mM)، وسجلت قراءات الامتصاص الضوئي للعينات مرة كل 30 ثانية لمدة 3–5 دقائق عند طول موجة 430 نانومتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي، لحساب النشاط الأنزيمي المتمثل بعدد ميكرومولات الماء الأوكسجيني التي تتفكك بفعل النشاط الأنزيمي في 100 مغ من العينة خلال دقيقة واحدة. حُسب النشاط الأنزيمي وفق معادلة الشركة المصنعة للمادة القياسية للإنزيم (Technical bulletin) على الشكل التالي:

$$PA = B \times SDF / Rt \times V$$

PA= نشاط إنزيم البيروكسيداز، B= كمية الماء الأوكسجيني H_2O_2 المنخفضة بين الزمن الأولي والزمن النهائي، SDF= معامل تخفيف العينة، Rt= زمن التفاعل مقدراً بالدقيقة، V= حجم العينة المضافة إلى حجرة المطياف الضوئي مقدرة بـ مل.

بالنسبة لتقدير نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز، أخذ 1.95 مل من محلول فوسفات البوتاسيوم السابق و1 مل من محلول الكاتيكول catechol و50 ميكروليتر من مستخلص العينة، وقيس نشاط الأنزيم عند طول موجة 410 نانومتر، وحدّد نشاط الأنزيم على أنه التغير في الامتصاص الضوئي (الفرق بين القراءتين النهائية والأولية لجهاز المطياف الضوئي) (Soliva *et al.*, 2000؛ Arnnok *et al.*, 2010).

تصميم التجارب والتحليل الإحصائي

اتبع تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في التجربة، وحللت النتائج إحصائياً بطريقة تحليل التباين ANOVA لجميع العناصر المدروسة، وقورنت معنوية الفروقات بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى احتمال 5%.

النتائج والمناقشة

تأثير معاملات الكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في شدة إصابة نباتات البندورة/الطماطم

عند دراسة تأثير الكومبوست في متوسط شدة إصابة نباتات البندورة/الطماطم (%) بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي، تبين تفوق كومبوست الزيتون على كومبوست الحمضيات في خفض المرض معنوياً وبلغت شدة الإصابة بالفطر الممرض 33.3 و 50%، على التوالي، مقارنة بمعاملة الشاهد (تربة ملوثة بالفطر الممرض فقط) 58.3% (جدول 1).

أدت إضافة عوامل التضاد الأحيائية إلى الكومبوست إلى رفع كفاءته في خفض الإصابة بالفطر الممرض FORL، حيث حققت المعاملة OB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة FZB27) أعلى فعالية، إذ بلغت شدة الإصابة بالممرض 13.9% متفوقةً معنوياً على باقي المعاملات، وتلتها المعاملة OTB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) إذ بلغت شدة الإصابة بالفطر الممرض 30.5%.

أوضحت دراسة سابقة لخمس عزلات من فطر التريكوديرما في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* زيادة الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والجذري مقارنة بالشاهد المعدى بالفطر الممرض فقط، كما سجل حدوث انخفاض درجة وشدة الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم مع ارتفاع نشاط أنزيم البيروكسيداز في النباتات المعداة بعزلات *Trichoderma* spp. (محمود وآخرون، 2023).

حقق الكومبوست المحضر مسبقاً من بقايا العنب وبقايا عصر الزيتون عند إضافته إلى وسط نمو نباتات البندورة/الطماطم المعداة بسلالة غير ممرضة ومعدلة وراثياً من الفطر الممرض FORL حماية من الإصابة به، بحيث لم يستطع الفطر الممرض استعمار جذور نباتات البندورة/الطماطم بوجود الكومبوست، وبينت النتائج أن تحريض استجابة دفاع النبات هي الآلية السائدة في كبح النبات للفطر الممرض (Kavroulakis *et al*., 2005). كما تم اختبار فعالية مزيج من كومبوست الخضار والنبات البحري *Posidonia oceanica* مختبرياً وحقلياً ضد الممرض FORL، ولوحظ أن جميع التراكيز المختبرة من الكومبوست غير المعقم والتراكيز العالية فقط من الكومبوست المعقم قد ثبطت نمو الفطر الممرض بشكل كامل مختبرياً، وأدى إعداء بذور البندورة/الطماطم بالبكتيريا المعزولة من الكومبوست *Bacillus sphaericus* B12, BS2، *Pseudomonas putida* PPS7 و *Burkholderia gladioli* BuC16 إلى حماية نباتات البندورة/الطماطم من الإصابة بالفطر الممرض FORL في ظروف البيت المحمي (Kouki *et al*., 2012).

جدول 1. تأثير معاملات الكومبوست في شدة الإصابة (%) بمرض عفن تاج وجذور نباتات البندورة/الطماطم تحت ظروف العدوى الاصطناعية.
Table 1. Effect of compost treatments on the severity of infection by crown and root rot of tomato plants under artificial infection conditions.

المتوسط Mean	شاهد Control	TB	B	T	شدة الإصابة% Disease severity%
30.6 b	33.3 bc	30.5 cd	13.9 d	44.4 abc	O
44.4 a	50.0 ab	36.1 bc	47.2 abc	44.4 abc	C
40.9 a	58.3 a	36.1 bc	36.1 bc	33.3 bc	S
	47.2 a	34.3 b	32.4 b	40.7 ab	المتوسط Mean

O =معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون، C= معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات، S= شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرض FORL، T= المعاملة بالعزلة المحلية T.zh-9، B= المعاملة بالعزلة FZB27، TB = المعاملة بالعزلة المحلية T.zh-9 والعزلةFZB27. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 5%.
O= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost, C= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost, S= Soil infested with the pathogenic fungus FORL (Control), T= Treatment with the local isolate T-zh-9, B= Treatment with isolate FZB27, TB= Treatment with the local isolate T.zh-9 and the isolate FZB27. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

تأثير معاملات الكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في بعض معايير نمو نباتات البندورة/الطماطم

يبين جدول 2 فعالية معاملات الكومبوست في تشجيع نمو نباتات البندورة/الطماطم في ظروف العدوى الاصطناعية والتربة المعقمة، فقد تميزت جميع معاملات الكومبوست بتأثير معنوي إيجابي في نمو نباتات البندورة/الطماطم (الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والجذري وارتفاع النبات) مقارنة بمعاملات التربة.

عززت إضافة عوامل التضاد الأحيائية إلى الكومبوست نمو نباتات البندورة/الطماطم مقارنة بمعاملات الكومبوست المعدى بالممرض FORL فقط ومعاملات التربة الملوثة بالممرض FORL. تفوقت المعاملة OT (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9) معنوياً على باقي معاملات التجربة بالوزن الطري للمجموع الخضري (33.2 غ/نبات) وبارتفاع النبات (75.8 سم). كما تفوقت المعاملة CTB (تربة معاملة بكومبوست الحمضيات وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) بالوزن الطري للمجموع الجذري 13.3 غ/نبات على معاملة OTB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) 12.8 غ/نبات دون فروق معنوية، وبوجود فروق معنوية مع باقي معاملات التجربة. كذلك تفوقت المعاملة OTB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) بمعنوية على باقي معاملات التجربة بالوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري (5.7 و 0.98) غ/نبات، على التوالي.

توافقت نتائجنا مع نتائج العديد من الدراسات السابقة التي أشارت إلى قدرة عزلات مختلفة ولعدة أنواع من الفطور والبكتيريا على مكافحة الفطر الممرض Forl، وبالتالي تقليل الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم (Baysal *et al.,* 2008؛ Lobna *et al.,* 2016؛ Samaras *et al*., 2018). ذكر Hibar *et al.* (2006) أن زراعة نباتات البندورة/الطماطم المعداة بالفطر الممرض FORL في وسط النمو المضاف له مستخلص الكومبوست المائي قد أدى لخفض الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي، وأبدت النباتات نمواً خضرياً أفضل ونظاماً جذرياً أقوى، وبينت دراسة أخرى أجريت على نباتات البندورة/الطماطم المزروعة ضمن وسط نمو معدل بالكومبوست الملقح بـ *Pythium oligandrum*، أن تلقيح الكومبوست زاد من فعاليته في كبح الفطر الممرض FORL، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى الاستجابات الخلوية كترسيب الكالوز (Pharand *et al*., 2002).

دور معاملات الكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في نشاط أنزيم البيروكسيداز لنباتات البندورة/الطماطم

أظهرت نتائج اختبار نشاط أنزيم البيروكسيداز بعد 15 و30 يوماً من الزراعة (جدول 2) دور الكومبوست وعوامل التضاد الأحيائية في استحثاث المقاومة في نباتات البندورة/الطماطم المعداة بالفطر الممرض FORL، فقد استجابت نباتات البندورة/الطماطم للمعاملة بهذه العوامل الأحيائية وكان أعلى نشاط لأنزيم البيروكسيداز في نباتات المعاملة OT (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T-zh-9 بعد 15 يوماً حيث بلغ 1.57 ميكرومول/مغ متفوقاً بمعنوية على باقي المعاملات وكذلك سجل هذا الارتفاع بعد 30 يوماً وبلغ 1.04 ميكرومول/مغ مقارنة بنباتات شاهد التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL.

أوضحت النتائج (جدول 2) انخفاض مستوى نشاط أنزيم البيروكسيداز، في الفترة الثانية من القياس، في نباتات معاملات الكومبوست وعوامل التضاد الأحيائية، ولكنه بقي أعلى منه في نباتات

معاملات التربة الملوثة باستثناء نباتات المعاملة OB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة FZB27) ونباتات المعاملة OTB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) فقد زاد مستوى نشاط أنزيم البيروكسيداز في المرحلة الثانية، حيث بلغ مستوى نشاط الأنزيم في المرحلة الأولى 0.42 و0.70 ميكرومول/مغ لكلا المعاملتين على التوالي ليغدو 0.57 و 0.92 ميكرومول/مغ في المرحلة الثانية، وارتبط هذا مع انخفاض شدة الإصابة بمرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم، وقد يعود ذلك التأثير إلى الدور التآزري للكومبوست وعوامل التضاد الأحيائية في تحريض أنظمة النبات الدفاعية إزاء الإصابة بالفطر الممرض FORL.

يعزى ارتفاع نشـــاط أنزيم البيروكســـيداز في المرحلة الأولى وانخفاضـــه في الثانية في أغلب معاملات التجربة إلى أن تحفيز الأنزيم حصـــل مبكراً بعد حدوث الإصـــابة، ويتوافق هذا مع أبحاث ســـابقة (محمود وآخرون، 2023؛ Zhang *et al.*, 1996).

جدول 2. تأثير معاملات الكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري والمجموع الجذري وارتفاع نباتات البندورة/الطماطم وتباين نشاط أنزيم البيروكسيداز تحت تأثير الإصابة بالفطر الممرض FORL في ظروف العدوى الاصطناعية.

Table 2. The effect of compost treatments supplemented with beneficial microorganisms on the wet and dry weight of shoots and roots of tomato plants and variation in peroxidase enzyme activity infected with the pathogenic fungus FORL under artificial infection conditions.

نشاط أنزيم البيروكسيداز ×10^{-3} (ميكرومول/مغ) Peroxidase activity × 10^{-3} (µmol/mg)		ارتفاع النبات (سم) Plant height (cm)	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ) Dry weight of roots (g)	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ) Dry weight of shoots (g)	الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ) Fresh weight of root (g)	الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ) Fresh weight of shoots (g)	المعاملات* Treatments*
بعد 30 يوم after 30 days	بعد 15 يوم after 15 days						
0.64 bcd	0.89 ef	67.6 cdef	0.84 bcd	6.1 a	12.0 bcd	28.6 b	O
1.04 a	1.57 a	75.8 a	0.83 cd	4.9 b	12.3 abc	33.2 a	OT
0.57 bcde	0.42 g	68.2 cde	0.93 ab	5.0 b	11.2 cd	27.1 b	OB
0.92 a	0.70 f	63.8 g	0.98 a	5.7 a	12.8 ab	27.8 b	OTB
0.71 b	1.04 de	66.8 defg	0.83 cd	4.9 b	11.9 bcd	28.3 b	C
0.67 bc	1.28 bcd	64.4 fg	0.75 de	4.2 c	11.0 d	27.1 b	CT
0.57 bcde	1.44 ab	66.6 gefg	0.74 de	5.1 b	11.6 cd	26.8 b	CB
0.52 de	0.99 e	69.9 bcd	0.91 abc	4.0 cd	13.3 a	27.9 b	CTB
0.36 f	1.12 cde	63.8 g	0.52 f	3.7 de	7.5 f	18.7 c	S
0.37 f	1.30 c	70.5 bc	0.70 e	3.7 de	9.8 e	19.3 c	ST
0.56 cde	1.42 ab	64.9 efg	0.68 e	3.5 e	9.6 e	18.9 c	SB
0.46 ef	0.98 e	71.9 b	0.65 e	3.8 cde	8.9 e	19.0 c	STB
0.14	0.26	3.65	0.10	0.43	1.14	2.29	$LSD_{0.05}$

* O= معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون، OT = معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون والعزلة المحلية T.zh-9، OB = معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون والعزلة FZB27، OTB= معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27، C = معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات، CT = معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات والعزلة المحلية T.zh-9، CB معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات والعزلة FZB27، CTB= معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27، S= شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرض FORL، ST= شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرضFORL والعزلة المحلية T.zh-9، SB = شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرضFORL والعزلة FZB27، STB= شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرضFORL والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 5%.

* O= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost, OT= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost and the local isolate T.zh-9. OB= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost and the isolate FZB27, OTB= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost and the local isolate T.zh-9 and the isolate FZB27, C= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost, CT= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost and the local isolate T.zh-9. CB: Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost and the isolate FZB27, CTB= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost and the local isolate T.zh-9 and the isolate FZB27, S= Soil infested with the pathogenic fungus FORL (Control), ST= Soil infested with the pathogenic fungus FORL and the local isolate T.zh-9, SB= Soil infested with the pathogenic fungus FORL and the isolate FZB27, STB= Soil infested with the pathogenic fungus FORL and the local isolate T.zh-9 and the isolate FZB27. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

دور معاملات الكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة في نشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز لنباتات البندورة/الطماطم تحت تأثير الإصابة بالفطر الممرض FORL في ظروف العدوى الاصطناعية

أوضحت النتائج (جدول 3) حصول زيادة في مستوى نشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز عند العدوى بالفطر الممرض FORL وذلك نتيجة المعاملة بالكومبوست، سجل حدوث ارتفاع في مستوى نشاط الأنزيم عند نباتات المعاملة O (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض) 0.90 وحدة امتصاصية/د بعد 15 يوماً من العدوى وكذلك سجل هذا الارتفاع بعد 30 يوماً وبلغ 2.86 وحدة امتصاصية/د متفوقاً معنوياً على كومبوست الحمضيات الذي سجل أقل مستوى لنشاط الأنزيم وذلك في النباتات المعاملة بكومبوست الحمضيات والفطر الممرض FORL بعد 15 و 30 يوماً من العدوى بالممرض وبلغت 0.65 و 1.99 وحدة امتصاصية/د، على التوالي، مقارنة مع مستوى نشاط الأنزيم في نباتات التربة الملوثة الذي بلغ 0.79 و 2.36 وحدة امتصاصية/د، على التوالي، مما يشير إلى دور الكومبوست في تنشيط هذا الأنزيم.

زادت إضافة عوامل التضاد الأحيائية مفردة إلى معاملات الكومبوست من نشاط أنزيم البولي فينول أوكسيداز في كلا المرحلتين مقارنةً بمعاملات التربة. حققت نباتات المعاملة OB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلةFZB27) أعلى مستوى لنشاط الأنزيم الذي بلغ 1.07 وحدة امتصاصية/د بعد 15 يوماً من العدوى بالفطر الممرض، لتسجل المعاملة OTB (تربة معاملة بكومبوست الزيتون وملوثة بالفطر الممرض والعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27) 2.86 وحدة امتصاصية/د بعد 30 يوماً من العدوى.

شجعت إضافة كومبوست الزيتون على زيادة نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز، وبالتالي حثّ النبات على ردود فعل دفاعية ضدّ الفطر الممرض FORL، وتمثل ذلك بخفض شدة الإصابة بالممرض، بينما لم يبدي كومبوست الحمضيات أي تأثير لنشاط الأنزيم الذي كان أقلّ منه في التربة الملوثة، وتتفق هذه النتائج مع ما نشر سابقاً (Mcintyre *et al*., 2004؛ Oostendorp *et al*., 2001؛ Yogev *et al*., 2010).

بينت النتائج أن إضافة عوامل التضاد الأحيائية للكومبوست أدى إلى تحفيز المقاومة في نباتات البندورة/الطماطم إزاء مرض عفن تاج وجذور البندورة/الطماطم الفيوزاريومي المتسبب عن الفطر الممرض FORL، وإنّ تعديل الكومبوست بهذه العوامل قد زاد من فعاليته في خفض شدة الإصابة بالمرض، وبالتالي تحسين نمو النبات وإنتاجيته. نوصي بإجراء مزيدٍ من الدراسات والتجارب الحقلية تحت ظروف العدوى الطبيعية.

جدول 3. تباين نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز (وحدة امتصاصية/د) في نباتات البندورة/الطماطم المعاملة بالكومبوست المدعم بالأحياء الدقيقة النافعة تحت ظروف العدوى الاصطناعية في البيت البلاستيكي بعد 15 و 30 يوم من العدوى بالممرض FORL.

Table 3. Variation of polyphenol oxidase activity (absorption units/min) in tomato plants treated with compost supplemented with beneficial microorganisms under conditions of artificial infection in the greenhouse, 15 and 30 days after inoculation with the pathogen: FORL.

نشاط أنزيم بولي فينول بعد 30 يوماً Polyphenol oxidase activity after 30 days						نشاط أنزيم بولي فينول بعد 15 يوماً Polyphenol oxidase activity after 15 days						المعاملات*
$LSD_{0.05}$	Mean	Con	TB	B	T	$LSD_{0.05}$	Mean	Con	TB	B	T	Treatments*
0.18	2.25 c	2.86 ab	2.86 ab	1.65 c	1.63 c	0.05	0.93 a	0.90 bcd	0.81 cd	1.07 a	0.93 b	O
	2.52 b	1.99 c	2.57 b	2.76 ab	2.74 ab		0.81 b	0.65 f	0.70 ef	0.91 bc	0.99 ab	C
	2.79 a	2.63 b	2.73 ab	2.78 ab	3.01 a		0.65 c	0.79 de	0.40 g	0.60 f	0.80 de	S
		2.49 b	2.72 a	2.40 b	2.46 b			0.78 b	0.64 c	0.86 a	0.91 a	Mean
0.37			0.21			0.11			0.06			$LSD_{0.05}$

* O =معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الزيتون، C= معاملة التربة الملوثة بالفطر الممرض FORL بكومبوست الحمضيات، S= شاهد تربة ملوثة بالفطر الممرضFORL، T = المعاملة بالعزلة المحلية T.zh-9، B= المعاملة بالعزلة FZB27، TB = المعاملة بالعزلة المحلية T.zh-9 والعزلة FZB27. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 5%.

* O= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with olive compost, C= Treatment of soil infested with the pathogenic fungus FORL with citrus compost, S= Soil infested with the pathogenic fungus FORL (Control), T= Treatment with the local isolate T-zh-9, B= Treatment with isolate FZB27, TB= Treatment with the local isolate T.zh-9 and the isolate FZB27. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

Abstract

Abou Shaar, M., Q. El-Rhaya and N. Mahmoud. 2025. Efficiency of Compost Supplemented with Beneficial Microorganisms in the Biological Control of Tomato Crown and Root Rot in Protected Agriculture. Arab Journal of Plant Protection, 43(2): 226-234. https://doi.org/10.22268/AJPP-001318

The study aimed to evaluate the role of compost supplemented with beneficial microorganisms and biological agents to reduce infection with the pathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), which causes Fusarium crown and root rot disease of tomatoes. Antibiotic agents were added individually and in combination to compost treatments. The results obtained showed that adding to the

olive compost the isolate T-zh-9 of *Trichoderma viride* alone led to significant disease control compared to other treatments. The fresh shoot weight reached 33.2 g/plant and the plant height 75.8 cm, in addition to high level of peroxidase enzyme activity of 1.57 and 1.04 µmol/mg, 15 and 30 days after infection with the pathogenic fungus, respectively. Adding the isolate FZB27 of *Bacillus subtilis* alone to the compost led to a reduction in the severity of infection with the pathogenic fungus FORL in plants treated with olive compost, reaching 13.9% compared to the control treatment (soil contaminated with pathogenic fungi (58.3%). Adding the two antibiotic isolates together to olive compost achieved the best results in reducing the severity of infection with the pathogenic fungus FORL and increasing the level of peroxidase and polyphenol oxidase activity.
Keywords: compost, tomato crown and root rot disease, biocontrol agents, and defense enzymes.

Affiliation of authors: *M. Abou Shaar[1*], Q. El-Rhaya[2] and N. Mahmoud[1]. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Aleppo, Syria; (2) General Authority of Scientific Agricultural Research, Latakia, Syria. [*]Email address of the corresponding author: drmaboushaar@gmail.com*

References

المراجع

الرحية، قصي. 2015. تحسين الكفاءة الحيوية للسماد العضوي وتأثيرها في مرض تقلن جذور البندورة الذي يسببه الفطر *Pyrenochaeta lycopersici*. أطروحة دكتوراه، قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. 127 صفحة.

*[**Al-Rhayeh, Q.** 2015. Improving the biological efficacy of organic fertilizer and its effect on the tomato corky root disease caused by the pathogenic fungus Pyrenochaeta lycopersici. Ph.D. thesis, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria. 127 pp. (In Arabic)]*.

حسن، عبد الله عبد الكريم، عبير رؤوف محمود ولينة قاسم محمد. 2020. تشخيص عزلات محلية من بكتيريا *Lactobacillus plantarum* وتقويم كفاءتها في مكافحة مرض ذبول الفيوزاريوم على البندورة/الطماطم. مجلة وقاية النبات العربية، 38(2):149-161.

*[**Hassan, A.A., A.R. Mahmoud and L Q. Muhammad**. 2020. Identifying local isolates of Lactobacillus plantarum and evaluating their efficiency in combating Fusarium wilt disease on tomatoes. Arab Society for Plant Protection.* 38 (2): 149-161. *(In Arabic)]*

محمود نغم، محمد أبو شعر، قصي الرحية. 2023a. نحو إدارة متكاملة لمرض عفن تاج وجذور البندورة المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. مجلة بحوث جامعة حلب، 159:21-40.

*[**Mahmoud, N., M. Abou Shaar and Q.Al-Rhayeh.** 2023a. The role of the fungus Trichoderma spp. Toward an integrated management of tomato crown and root rot disease caused by the fungus Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici. Aleppo University Research Journal, 159:21-40. (In Arabic)].*

محمود، نغم، محمد أبو شعر وقصي الرحية. 2023b. دور الفطر *Trichoderma* spp. في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. مجلة بحوث جامعة حلب، 159 :1-20.

*[**Mahmoud, N., M. Abou Shaar and Q. Al-Rhayeh.** 2023b. The role of the fungus Trichoderma spp. In biological control of crown and root rot of tomato caused by the fungus Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici. Aleppo University Research Journal, 159: 1-20 (In Arabic)].*

محمود نغم، محمد أبو شعر، قصي الرحية. 2024. دور الكومبوست في المكافحة الأحيائية لمرض عفن تاج وجذور البندورة المتسبب عن الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* تحت ظروف الزراعة المحمية. مجلة وقاية النبات العربية، 42(4):526-533.
https://doi.org/10.22268/AJPP-001276

*[**Mahmoud, N., M. Abou Shaar and Q.Al-Rhayeh.** 2023. The role of compost in biological control of tomato crown and root rot disease caused by the fungus Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici under protected cultivation conditions Arab Society for Plant Protection. 43(1):526-533. https://doi.org/10.22268/AJPP-001276 (In Arabic)].*

Abbasi, S., N. Safaie, A. Sadeghi and M. Shamsbakhsh. 2020. Tissue-specific synergistic bio priming of pepper by two Streptomyces species against *Phytophthora capsici*. PlosOne, 15(3):e0230531. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230531

Arnnok, P., C. Ruangviriyachai, R. Mahachai, S. Techawongstien and S. Chanthai. 2010. Optimization and determination of polyphenol oxidase and peroxidase activities in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) pericarb. International Food Research Journal, 17:385-392.

Baysal, Ö., M. Çalışkan and Ö. Yeşilova. 2008. An inhibitory effect of a new Bacillus subtilis strain (EU07) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 73(1-3):25-32. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.11.002

Boulter, J.I., J.T. Trevors and G. J.Boland. 2002. Microbial studies of compost: Bacterial identification and their potential for turf grass pathogen suppression. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18, 661-671. https://doi.org/10.1023/A:1016827929432

Chellemi, D.O., A. Gamliel, J. Katan and K.V. Subbarao. 2016. Development and deployment of systems-based approaches for the management of soil-borne plant pathogens. Phytopathology, 106(3):216-225. https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-15-0204-RVW

Davis, R.M. 2002. Fusarium diseases of tomato: an overview. University of California Cooperative Extension, Vegetable Research and Information Service, Vegetable Notes Special Edition. University of California, Davis, CA, USA.

Hammerschmidt, R., E.M. Nuckles and J. Kuć. 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. Physiological Plant Pathology, 20(1):73-82.

diseases caused by fungi, bacteria and viruses. EDIS, 2008(2):243996549. https://doi.org/10.32473/edis-mg442-2008

Pharand, B., O. Carisse and N. Benhamou. 2002. Cytological aspects of compost-mediated induced resistance against Fusarium crown and root rot in tomato. Phytopathology, 92(4):424-438. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.4.424

Pieterse, C.M., C. Zamioudis, R.L. Berendsen, D.M. Weller, Van S.C. Wees and P.A. Bakker. 2014. Induced systemic resistance by beneficial microbes. Annual Review of Phytopathology, 52:347-375. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340

Rey, T. and S. Schornack. 2013. Interactions of beneficial and detrimental root-colonizing filamentous microbes with plant hosts. Genome Biology, 14:1-6. https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-121

Rey, T. and B. Dumas. 2017. Plenty is no plague: *Streptomyces* symbiosis with crops. Trends in Plant Science, 22(1):30-37. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.10.008

Samaras, A., K. Efthimiou, E. Roumeliotis, G.S. Karaoglanidis. 2018. Biocontrol potential and plant-growth-promoting effects of *Bacillus amyloliquefaciens* MBI 600 against Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici on tomato. Pp. 139–146. In: Proceedings of the V International Symposium on Tomato Diseases: Perspectives and Future Directions in Tomato Protection. 13-16 June 2016. Acta Horticulturae 1207. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1207.18

Soliva, R.C., P. Elez, M. Sebastián and O. Martín. 2000. Evaluation of browning effect on avocado purée preserved by combined methods. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1(4):261-268. https://doi.org/10.1016/S1466-8564(00)00033-3

Van der Sluijs, J.P., V. Amaral-Rogers, L.P. Belzunces, M.F. Bijleveld van Lexmond, J.M. Bonmatin, M. Chagnon and M. Wiemers. 2015. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. Environmental Science and Pollution Research, 22(1):148-154. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3229-5

Yogev, A., M. Raviv, Y. Hadar, R. Cohen, S. Wolf, L. Giland and J. Katan. 2010. Induced resistance as a putative component of compost suppressiveness. Biological Control, 54(1):46-51. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.03.004

Zhang S, P.D. Roberts, G. Meru, R.J. McGovern and L.E. Datnoff. 2021. Fusarium crown and root rot of tomato in Florida. EDIS, University of Florida, Gainesville, FL, USA.

Zhang, W., W.A. Dick and H.A.J. Hoitink. 1996. Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to Pythium root rot and anthracnose. Phytopathology, 86(10):1066-1070. https://doi.org/10.1094/Phyto-86-1066

Hibar, K., M. Daami-Remadi., H. Jabnoun-Khiareddine., I.E.A. Znaïdi and M. El Mahjoub 2006. Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et l'agressivité du *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. BASE, 10(2):101-108.

Kavroulakis, N., C. Ehaliotis., S. Ntougias., G.I. Zervakis and K.K. Papadopoulou. 2005. Local and systemic resistance against fungal pathogens of tomato plants elicited by a compost derived from agricultural residues. Physiological and Molecular Plant Pathology, 66(5):163-174. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2005.06.003

Kouki, S., N. Saidi, A. Ben Rajeb, M. Brahmi, A. Bellila, M. Fumioand and H. Ouzari. 2012. Control of *Fusarium* wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* using mixture of vegetable and *Posidonia oceanica* compost. Applied and Environmental Soil Science, 2012:239639. https://doi.org/10.1155/2012/239639

Kumar, S.P., A. Srinivasulu and K.R. Babu. 2018. Symptomology of major fungal diseases on tomato and its management. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(6):1817-1821.

Lobna, H., C. Mayssa, R. Hajer, R. Ali and H.R. Najet. 2016. Biocontrol Effectiveness of Indigenous Trichoderma Species against *Meloidogyne javanica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices - lycopersici* on Tomato. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 10(10):613-617.

Mcintyre, M., J. Nielsen, J. Arnau, H. Van der Brink, K. Hansen and S. Madrid. 2004. Proceedings of the 7th European Conference on Fungal Genetics, April 7–20 2004, Copenhagen, Denmark.

McKinney, H. 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by helmin. Journal of Agricultural Research, 26:195.

Michielse, C.B. and M. Rep. 2009. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. Molecular Plant Pathology, 10(3):311-324. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00538.x

Neher, D.A., H.A. Hoitink, J. Biala, R. Rynk and G. Black. 2022 . Compost use for plant disease suppression. Pp. 847–878 In: The Composting Handbook. R. Rynk (eds.), Academic Press, Cambridge, UK. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85602-7.00015-7

Oostendorp, M., W.Kunz., B.Dietrich and T. Staub. 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. European Journal of Plant Pathology, 107(1):19-28. https://doi.org/10.1023/A:1008760518772

Ozbay, N. and S.E. Newman. 2004. Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. Plant Pathology Journal, 3(1):9-18. https://doi.org/10.3923/ppj.2004.9.18

Pernezny, K., M. Elliott, A. Palmateer and N. Havranek. 2008. Guidelines for identification and management of plant disease problems: part ii. diagnosing plant

Received: November 6, 2023; Accepted: April 21, 2024

تاريخ الاستلام: 2023/11/6؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/4/21